



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

## ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

## DĚLENÍ NOSNÝCH PROFILŮ NA STAVBÁCH

CUTTING OF SUPPORTING PROFILES ON BUILDING

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Pavel Protivínský

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Milan Kalivoda

BRNO 2019

## Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav strojírenské technologie  
Student: **Pavel Protivínský**  
Studijní program: Strojírenství  
Studijní obor: Strojírenská technologie  
Vedoucí práce: **Ing. Milan Kalivoda**  
Akademický rok: 2018/19

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č. 111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

### Dělení nosných profilů na stavbách

#### Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Technologické situace v mobilním prostředí. Bezpečnostní požadavky.

#### Cíle bakalářské práce:

- Přehled používaných profilů na stavbách.
- Dodávky polotovarů profilů od výrobců.
- Stroje a zařízení na dělení profilů.
- Specifické podmínky v mobilním prostředí staveb.
- Posouzení technických parametrů.

#### Seznam doporučené literatury:

FOREJT, Milan a Miroslav PÍŠKA. Teorie obrábění, tváření a nástroje. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2006. 225 s. ISBN 80-214-2374-9.

FREMUNT, Přemysl a Tomáš PODRÁBSKÝ. Konstrukční oceli. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 1996. 262 s. ISBN 80-85867-95-8.

FREMUNT, Přemysl, Jiří KREJČÍK a Tomáš PODRÁBSKÝ. Nástrojové oceli. 1. vyd. Brno: Dům techniky Brno, 1994. 234 s.

HUMÁR, Anton. Materiály pro řezné nástroje. 1. vyd. Praha: MM publishing, s. r. o., 2008. 240 s. ISBN 978-80-254-2250-2.

LEINVEBER, Jan, Jaroslav ŘASA a Pavel VÁVRA. Strojnické tabulky. 3. vyd. Praha: Scientia, s. r. o., 2000. 986 s. ISBN 80-7183-164-6.

MAŇKOVÁ, Ildikó. Progresívne technológie (Advanced methods of material removal). 1. vyd. Košice: Vienala, 2000. 276 s. ISBN 80-7099-430-4.

MICHNA, Štefan et al. Encyklopedie hliníku. 1. vyd. Prešov: Adin, 2005. 700 s. ISBN 80-89041-88-4.

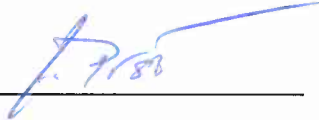
Příručka obrábění, kniha pro praktiky. 1. vyd. Praha: Sandvik CZ, s. r. o. a Scientia, s. r. o., 1997. 857 s. ISBN 91-972299-4-6.

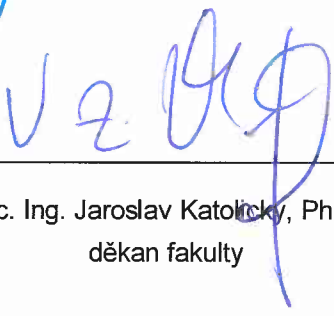
ZEMČÍK, Oskar. Nástroje a přípravky pro obrábění. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2003. 193 s. ISBN 80-214-2336-6.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2018/19.

V Brně, dne 5. 10. 2018



  
prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.  
ředitel ústavu

  
doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.  
děkan fakulty

## ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá technologiemi dělení materiálů na stavbách. V první části jsou popsány jednotlivé metody dělení, jejich princip, dosahovaná kvalita řezů, náročnost na požadavky týkající se bezpečnosti a zdraví při práci (BOZP), dále je popsána požadovaná kvalifikace obsluhy zařízení. Další část bakalářské práce se zabývá popisem specifických podmínek v mobilním prostředí staveb. V poslední části jsou po provedení experimentu dle různých kritérií porovnány jednotlivé technologie.

## Klíčová slova

Dělení materiálu, řezání plamenem, řezání plazmou, řezání pásovou pilou, řezání ruční úhlovou bruskou.

## ABSTRACT

The bachelor thesis deals with technology for material cutting on the building site. Firstly, there were described different methods for material cutting, their principle, reached quality of section, demands for requirements on Occupational safety and health (OSH) and there are described different qualification of device operators. Secondly there were described specific condition in a mobile building site. Eventually, there are compared all the examined technologies after the experiment according to different criteria.

## Key words

Material cutting, Oxy-fuel cutting, plasma cutting, band saw cutting, cutting by hand angle grinder.

## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

PROTIVÍNSKÝ, Pavel. *Dělení nosných profilů na stavbách*. Brno 2019. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. 36 s. 11 příloh. Vedoucí bakalářské práce Ing. Milan Kalivoda.

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Dělení nosných profilů na stavbách** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

---

Datum

---

Pavel Protivínský

## **PODĚKOVÁNÍ**

Děkuji Ing. Milanu Kalivodovi z VUT v Brně za cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce.

Dále chci poděkovat především manželce a dětem za vytrvalou podporu během mého dosavadního studia a rodičům za mou přípravu do života.

**OBSAH**

ABSTRAKT .....	3
PROHLÁŠENÍ.....	4
PODĚKOVÁNÍ .....	5
OBSAH.....	6
ÚVOD.....	8
1 DĚLENÍ NOSNÝCH PROFILŮ NA STAVBÁCH.....	9
1.1 Přehled použitých profilů na stavbách.....	9
1.2 Dodávky polotovarů profilů od výrobců .....	9
1.3 Důvody k dělení profilů na stavbách .....	10
2 ZPŮSOBY DĚLENÍ PROFILŮ NA STAVBÁCH.....	11
2.1 Řezání kyslíkem (autogenem) .....	13
2.1.1 Princip řezání .....	13
2.1.2 Technické plyny.....	14
2.1.3 Kvalita povrchu.....	15
2.1.4 BOZP .....	15
2.1.4 Kvalifikace pracovníka .....	15
2.2 Řezání plazmou.....	16
2.2.1 Princip řezání .....	16
2.2.2 Kvalita povrchu.....	16
2.2.3 BOZP .....	17
2.2.4 Kvalifikace pracovníka .....	17
2.3 Řezání pásovou pilou.....	18
2.3.1 Princip řezání .....	18
2.3.2 Kvalita povrchu.....	18
2.3.3 BOZP .....	18
2.3.4 Kvalifikace pracovníka .....	18
2.4 Řezání ruční úhlovou bruskou .....	19
2.4.1 Princip řezání .....	19
2.4.2 Kvalita povrchu.....	19
2.4.3 BOZP .....	20
2.4.4 Kvalifikace pracovníka .....	20
3 SPECIFICKÉ PODMÍNKY V MOBILNÍM PROSTŘEDÍ STAVEB.....	21
3.1 Povrch na stavbách .....	21
3.2 Sklady .....	21

4	POSOUZENÍ TECHNICKÝCH PARAMETRŮ .....	23
4.1	Posouzení z hlediska dosahovaných časů dělení .....	23
4.2	Posouzení z hlediska dosahovaných povrchů .....	25
4.3	Posouzení z hlediska energetické náročnosti .....	28
4.4	Posouzení z hlediska vlivu na životní prostředí .....	28
4.5	ZÁVĚREČNÉ HODNOCENÍ .....	29
	ZÁVĚR .....	30
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....	31
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....	33
	SEZNAM OBRÁZKŮ .....	34
	SEZNAM TABULEK .....	35
	SEZNAM PŘÍLOH .....	36



## ÚVOD

V dnešní době existuje řada specializovaných firem, které se zabývají výrobou ocelových konstrukcí a které jsou pro tuto práci vybaveny modelačními počítačovými programy. Ty dokáží vymodelovat požadované konstrukce přesně podle přání zákazníka a poté pomocí programu vytvořit jak výrobní, tak i montážní dokumentaci jednotlivých dílů. Výroba požadovaných konstrukcí je následně prováděna CNC obráběcími stroji.

I přesto se stále setkáváme s problematikou „Dělení materiálů na stavbách“. S nástupem výpočetní techniky se tento problém při výrobě výrazně snížil, ale nikdy se nelze spolehnout na to, že veškeré části stavby budou přesně lícovat tak, jak by měly. Pak přichází na řadu manuální zručnost a zkušenosti montážních dělníků, a to s ohledem na technické vybavení montážních skupin. V některých případech se montážní skupiny musí vyrovnat i s absencí elektrické energie, ať už z důvodu výpadku, nebo proto, že ještě nebyla zřízena elektrická přípojka. Musí být brán také ohled na povětrnostní podmínky, při kterých je montáž prováděna, a na umístění stavby vzhledem k zastavěnosti v jejím okolí a s tím spojená omezení, například z hlukového a ekologického hlediska. Zákazník také může mít nové požadavky, se kterými přichází až v době, kdy jsou jednotlivé díly dopraveny na stavbu, nebo jsou dokonce již namontovány. V takových případech je třeba zvážit možnost odeslání dílu do výrobního závodu, kde je upraven dle požadavku zákazníka, a to včetně povrchové úpravy, nebo je možné provést tyto úpravy přímo na stavbě, a to včetně oprav povrchové úpravy.

V bakalářské práci jsou popsány nejběžnější způsoby dělení materiálů na stavbách, které jsou montážními skupinami používány, včetně porovnání závislosti těchto způsobů na dostupnosti energií.

# 1 DĚLENÍ NOSNÝCH PROFILŮ NA STAVBÁCH

## 1.1 Přehled použitých profilů na stavbách

Každý konstruktér se snaží navrhovat konstrukce s použitím standardních profilů. Snižuje se tím především pracnost, ale i cena vyráběných konstrukcí. Při navrhování speciálních tvarů konstrukcí, především pohledových, se musí přistoupit k výrobě ze svařovaných profilů a plechů.

Nejpoužívanějšími profily jsou [1]:

- profil I válcovaný za tepla (příloha 1),
- profil IPE válcovaný za tepla (příloha 2),
- profil HEA válcovaný za tepla (příloha 3),
- profil HEB válcovaný za tepla (příloha 4),
- profil HEM válcovaný za tepla (příloha 5),
- profil U válcovaný za tepla (příloha 6),
- profil T válcovaný za tepla (příloha 7),
- profil L válcovaný za tepla (příloha 8),
- tyč ocelová kruhová válcovaná za tepla (příloha 9),
- trubka bezešvá konstrukční (příloha 10),
- profil ocelový uzavřený (příloha 11).

## 1.2 Dodávky polotovarů profilů od výrobců

Běžně dodávané profily se vyrábějí v délkách 6 m a 12 m. Důvodem je přeprava nákladními auty (obr. 1.1), která mají ložnou plochu návěsu právě 12 m. Tyto automobily také mívají možnost zaplachtování, čímž je přepravovaný materiál chráněn proti nepříznivým povětrnostním podmínkám, a k zákazníkovi je dopraven v kvalitě, v jaké byl naložen ve skladě.



Obr. 1.1 Kamionová doprava [2].

V případě, že by pro výrobce konstrukce byly přijatelnější jiné rozměry polotovarů než jsou standardní, je možné v dnešní době zadat tyto rozměry přímo výrobcí polotovaru. Je třeba počítat s tím, že polotovary s rozměry delšími než 12 m jsou náročnější jak na přepravu po silnicích, tak i na navazující manipulaci ve výrobním závodě.

### **1.3 Důvody k dělení profilů na stavbách**

Mezi důvody dělení profilů na stavbách patří:

- lidská chyba, při výrobě je jednou z nejčastějších příčin, kdy se musí přistoupit k různým úpravám materiálu přímo na stavbě,
- špatné zaměření,
- sčítání délkových tolerancí jednotlivých dílů sestavy, s tímto problémem se potýkají především výrobci hal,
- špatná koordinace jednotlivých projekčních skupin, kdy dochází k uložení železných výztuží v betonu na místa, do kterých je třeba navrtávat kotvici závitové tyče, pomocí kterých dochází k upevnění sloupů konstrukcí.

## 2 ZPŮSOBY DĚLENÍ PROFILŮ NA STAVBÁCH

Nejpoužívanější způsoby:

- řezání kyslíkem (obr. 2.1), na obrázku je pojízdná souprava používaná k řezání kyslíkem, nazývá se autogen,
- řezání plazmou (obr. 2.2), na obrázku je plazma a řezací hořák,
- řezání pásovou pilou (obr. 2.3), na obrázku je vodorovná pásová pila se zásobníkem technické kapaliny,
- řezání ruční úhlovou bruskou (obr. 2.4), na obrázku je ruční úhlová bruska značky BOSCH PWS 1800.



Obr. 2.1 Autogenní pojízdná souprava k řezání kyslíkem.



Obr. 2.2 Plazma a řezací hořák.



Obr. 2.3 Pásová pila.



Obr. 2.4 Ruční úhlová bruska.



## 2.1 Řezání kyslíkem (autogenem)

Řezání kyslíkem [3]:

- patří mezi klasické metody dělení materiálu,
- k řezání nelegovaných a nízkolegovaných ocelí o tloušťce 3 až 300 mm pomocí normalizovaných hořáků a od 300 do 2000 mm jsou použity speciální hořáky.

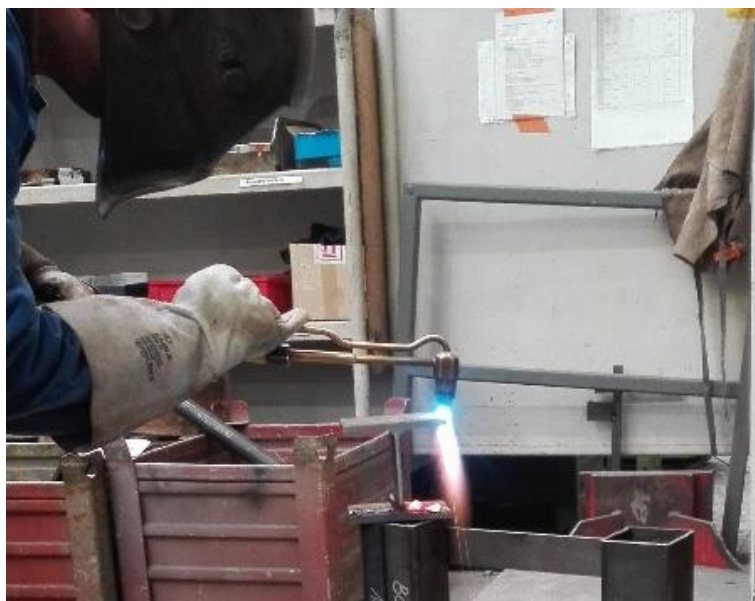
### 2.1.1 Princip řezání

Principem řezání je:

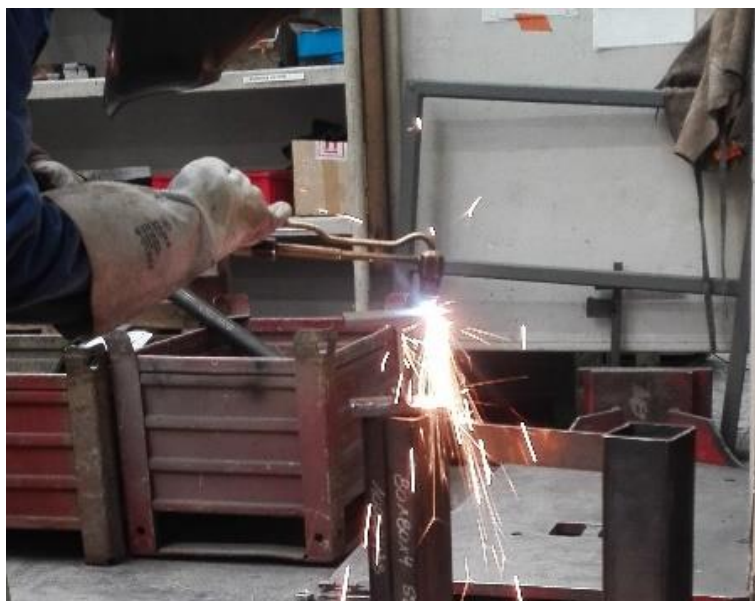
- seřízení nahřívacího kyslíko-acetylenového plamene řezáku (obr. 2.5),
- ohřev kovu na teplotu spalování (obr. 2.6),
- spálení kovu proudem kyslíku (oxidace kovu) (obr. 2.7),
- spalováním kovu se uvolňuje teplo, které předehtřívá další místo řezu,
- vyfukování roztaveného kovu z místa řezu.



Obr. 2.5 Seřízení plamene hořáku.



Obr. 2.6 Ohřev kovu.



Obr. 2.7 Řezání autogenem.

### 2.1.2 Technické plyny

Technické plyny používané pro řezání [4]:

- kyslík, jehož čistota musí být minimálně 98,5 %,
- acetylen, při hoření s kyslíkem je dosahováno teplot až 3 140 °C,
- propan-butan, při hoření s kyslíkem je dosahováno teplot až 2 500 °C.

### 2.1.3 Kvalita povrchu

Při řezání plamenem je třeba počítat s přidavkem materiálu na opracování, důvodem je horší kvalita povrchu řezu (obr. 2.8).



Obr. 2.8 Povrch řezu autogenem.

### 2.1.4 BOZP

Rizika při práci s autogenem a bezpečnostní zásady [5]:

- popálení rozžhaveným kovem – nejčastější příčina pracovního úrazu. Ochrana těla je zajištěna pomocí nehořlavého oděvu (zástěry z kůže), svářecích rukavic, ochranných brýlí a ochranných štítů,
- uvolňování škodlivých látek – často podceňované riziko (zabývá se jím i norma ČSN EN ISO 14001 – systém řízení ochrany životního prostředí). Při řezání dochází k odpařování různých druhů chemikálií nacházejících se na řezaných materiálech (nánosy barvy, čisticích prostředků nebo olejů). Používá se mobilní nebo centrální odsávání, nebo přívod čistého vzduchu přímo do kukly svářeče,
- zvýšená hladina hluku – používání protihlukových sluchátek nebo ušních špuntů,
- vznik požáru nebo výbuchu – je třeba odstranit všechny hořlavé a výbušné látky z pracovního prostoru. Dále se během řezání a nejméně 8 hodin po jeho ukončení musí provádět kontroly pracoviště.

### 2.1.4 Kvalifikace pracovníka

Pracovník musí absolvovat kurz Řezání a drážkování kyslíko-acetylenovým plamenem ZP 311-2.1.1. [6].



## 2.2 Řezání plazmou

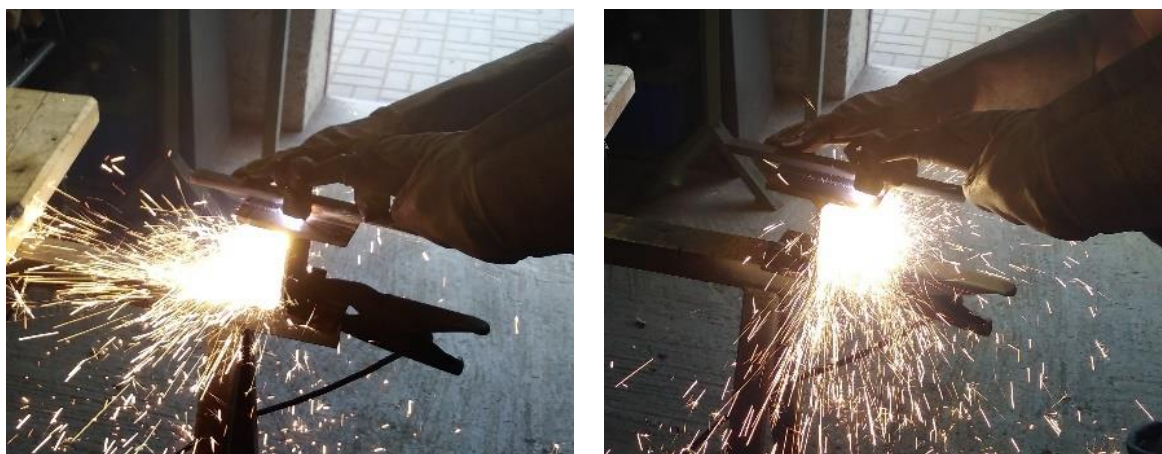
U řezání plazmou je [7]:

- plazmový plyn veden elektrickým obloukem. Elektrický oblouk se skládá z katody (wolframové elektrody) a anody, anodu tvoří dělený materiál,
- vyšší rychlost řezání než u řezání kyslíkem pro tenké a střední tloušťky materiálu,
- snížení vneseného tepla do materiálu (menší tepelně ovlivněná oblast, a tím menší deformace materiálu),
- možnost řezání všech kovových materiálů, hlavně vysokolegovaných ocelí a hliníku.

### 2.2.1 Princip řezání

Princip řezání plazmou [7, 8]:

- plazmové řezání (obr. 2.9) využívá vysoké teploty a výstupní rychlosti plazmového paprsku,
- k vyfouknutí nataveného materiálu z řezné spáry dochází dynamickým účinkem vystupující plazmy díky zvýšenému průtoku a tlaku plazmového plynu,
- při řezání dosahují výstupní rychlosti plazmy až  $2\,300\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ,
- rychlost řezání tenkých plechů se pohybuje mezi  $9\text{--}12\text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ ,
- vysoká teplota plazmového plynu (paprsku) umožňuje řezat všechny kovové vodivé materiály s pomocí přeneseného oblouku, s omezením i nevodivé materiály bez přeneseného oblouku.



Obr. 2.9 Řezání plazmou.

### 2.2.2 Kvalita povrchu

Při řezání plazmou je třeba také počítat s přidavkem materiálu na opracování, neboť kvalita povrchu řezu (obr. 2.10) je podobná jako u řezání kyslíkem. Na obrázku jsou patrné nerovnosti, které je třeba dále opracovat, například broušením ruční úhlovou bruskou.



Obr. 2.10 Povrch řezu plazmou.

### 2.2.3 BOZP

Rizika při práci s plazmou a bezpečnostní zásady [5]:

- zásah elektrickým proudem – je jedním z potenciálních rizik při svářečských pracích a dochází k němu zejména tehdy, když svářeč nerespektuje základní bezpečnostní pravidla a zásady. Je zakázáno používat střídavý proud nebo poškozené vodiče,
- popálení rozžhaveným kovem – nejčastější příčina pracovního úrazu. Ochrana těla je zajištěna pomocí nehořlavého oděvu (zástěry z kůže), svářecích rukavic, ochranných brýlí a ochranných štítů,
- plazmový oblouk – je nutné používat svářecí kuklu,
- uvolňování škodlivých látek – často podceňované riziko (zabývá se jím i norma ČSN EN ISO 14001 – systém řízení ochrany životního prostředí). Při řezání dochází k odpařování různých druhů chemikálií nacházejících se na řezaných materiálech (nánosy barvy, čisticích prostředků nebo olejů). Používá se mobilní nebo centrální odsávání, nebo přívod čistého vzduchu přímo do kukly svářeče,
- zvýšená hladina hluku – používání protihlukových sluchátek nebo ušních špuntů,
- vznik požáru nebo výbuchu – je třeba odstranit všechny hořlavé a výbušné látky z pracovního prostoru. Dále se během řezání a nejméně 8 hodin po jeho ukončení musí provádět kontroly pracoviště.

### 2.2.4 Kvalifikace pracovníka

Pracovník musí absolvovat zaškolení na dělení materiálu plazmou.

## 2.3 Řezání pásovou pilou

### 2.3.1 Princip řezání

Řezání pásovou pilou [9]:

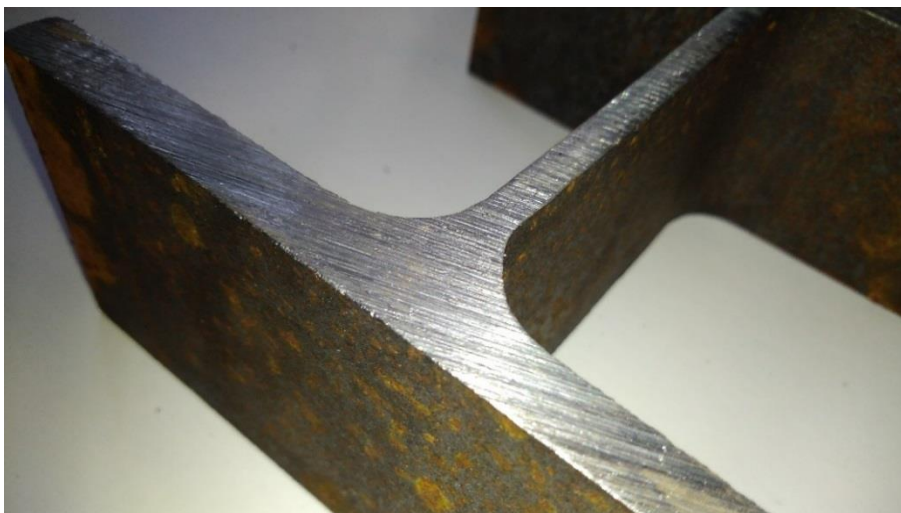
- nekonečný pilový plát je napnut mezi dvěma kotouči, jeden je hnací a druhý vodící. U místa řezu je plát veden vodícími kladkami, nebo vodícími kameny,
- v místě řezu se pás pohybuje rovnoměrným přímočarým pohybem, rychlost pásu se tedy rovná zvolené řezné rychlosti,
- do místa řezu je přiváděna chladicí kapalina.

Pásové pily se vyznačují:

- malými ztrátami prořezem,
- vysokou produktivitou,
- vysokou kvalitou řezné plochy.

### 2.3.2 Kvalita povrchu

Při řezání pásovou pilou není třeba počítat se žádným přídavkem materiálu na opracování, neboť kvalita povrchu je dostatečná (obr. 2.11).



Obr. 2.11 Povrch řezu pásovou pilou.

### 2.3.3 BOZP

Rizika při práci s pásovou pilou a bezpečnostní zásady [5]:

- zásah elektrickým proudem,
- poškození zraku – používání ochranných brýlí nebo štítů,

### 2.3.4 Kvalifikace pracovníka

K práci s pásovou pilou není vyžadován zvláštní kurz.

## 2.4 Řezání ruční úhlovou bruskou

### 2.4.1 Princip řezání

Řezání ruční úhlovou bruskou [10] (obr. 2.12):

- řezný kotouč dosahuje vysokými otáčkami (cca  $10\,000\text{ min}^{-1}$ ) vysokých obvodových rychlostí (cca  $100\text{ m.s}^{-1}$ ),
- při dotyku řezného kotouče a děleného materiálu vzniká vysoká teplota, při níž se začne dělený materiál tavit,
- tavné dělení je rychlejší než řezání pilou a řezná plocha je méně narušená než při dělení plamenem autogenu.



Obr. 2.12 Řezání ruční úhlovou bruskou.

### 2.4.2 Kvalita povrchu

Při řezání ruční úhlovou bruskou není třeba počítat se žádným přídatkem materiálu na opracování, stejně jako u řezání pásovou pilou, neboť kvalita povrchu je opět dostatečná (obr. 2.13).



Obr. 2.13 Povrch řezu úhlovou bruskou.

**2.4.3 BOZP**

Rizika při práci s ruční úhlovou bruskou a bezpečnostní zásady [5]:

- zásah elektrickým proudem,
- poškození zraku – používání ochranných brýlí nebo štítů,
- zvýšená hladina hluku – používání protihlukových sluchátek nebo ušních špuntů.

**2.4.4 Kvalifikace pracovníka**

K práci s ruční bruskou není vyžadován zvláštní kurz.



### 3 SPECIFICKÉ PODMÍNKY V MOBILNÍM PROSTŘEDÍ STAVEB

#### 3.1 Povrch na stavbách

Na stavbách se setkáváme s různými druhy povrchů:

- nezpevněný:
  - špatná dostupnost a obtížná manipulace s velkými technologiemi na dělení materiálů, jako jsou autogenní souprava, plazma a pásová pila. Na takových površích se nejvíce vyplatí používat řezání ruční úhlovou bruskou,
- zpevněný, například srovnané a zhutněné recykláty (obr 3.1):
  - dobrá přeprava autogenní soupravy na bantamových kolech,
  - dostačující povrch pro pásovou pilu,
  - špatná manipulace s plazmou, má malá gumová kolečka,
- betonové panely, asfaltové povrchy:
  - výborné podmínky pro přepravu všech technologií na dělení materiálů na stavbách.



Obr. 3.1 Povrch na stavbě.

#### 3.2 Sklady

Jedním z nejpoužívanějších skladů na stavbách jsou mobilní skladové kontejnery (obr 3.2). Tyto kontejnery jsou konstruovány na velkou zátěž a lze je snadno přemísťovat jak pomocí vysokozdvizného vozíků, tak i pomocí jeřábu. Masivní konstrukce dveří skladových kontejnerů zamezuje násilnému vniknutí. Významným prvkem pasivní

bezpečnosti skladových kontejnerů je rovněž pojistná klapka, která znemožňuje případné vylomení zámku. Do těchto kontejnerů lze po skončení prací uschovat všechny porovnávané technologie. V případě uschování řezací autogenní soupravy je třeba označit kontejner bezpečnostní tabulkou „Pozor! Tlakové láhve“ (obr 3.3).



Obr. 3.2 Skladové kontejnery [11].



Obr. 3.3 Bezpečnostní tabulka [12].

## 4 POSOUZENÍ TECHNICKÝCH PARAMETRŮ

### 4.1 Posouzení z hlediska dosahovaných časů dělení

Měření jednotkového strojního času bylo provedeno u čtyř metod dělení materiálu, a to u řezání kyslíkem (autogenem), u řezání plazmou, u řezání pásovou pilou a u řezání ruční bruskou. Jako dělený materiál byla zvolena konstrukční ocel ČSN EN 10025-2. Jednotkový strojní čas byl měřen v sekundách a poté převeden na minuty (na základní jednotku). Měření probíhalo od okamžiku zahájení dělení až po vlastní oddělení materiálu. Každou metodou bylo odděleno pět vzorků. Z naměřených časů byly vypočteny průměrné jednotkové strojní časy dělení jednotlivými metodami, a to pomocí vztahu (4.1).

$$t_{pr} = \frac{t_{AS1} + t_{AS2} + t_{AS3} + t_{AS4} + t_{AS5}}{5} \quad (4.1)$$

Kde:  $t_{pr}$  [min] – průměrný čas  
 $t_{ASn}$  [min] – jednotkové strojní časy

$$t_{pr} = \frac{1,322 + 1,398 + 1,353 + 1,302 + 1,333}{5} = 1,342 \text{ min}$$

Časy jednotlivých řezů byly při provádění pokusů zaznamenány v sekundách. V tabulkách (tab. 4.1; tab. 4.2; tab. 4.3; tab. 4.4; tab. 4.5) jsou tyto časy převedeny ze sekund na minuty, a to pomocí vztahu (4.2).

$$1 \text{ sekunda} = \frac{1}{60} \text{ minuty} \quad (4.2)$$

$$79,3 \text{ sedund} = \frac{79,3}{60} = 1,32167 \doteq 1,322 \text{ minut}$$

Tab. 4.1 Jednotkové strojní časy dělení materiálu HEA 160 mm kyslíkem.

DĚLENÍ KYSLÍKEM		
vzorek číslo	$t_{AS}$ [s]	$t_{AS}$ [min]
1	79,3	1,322
2	83,9	1,398
3	81,2	1,353
4	78,1	1,302
5	80,0	1,333
<b>průměrný čas <math>t_{pr}</math></b>	<b>80,5</b>	<b>1,342</b>



Tab. 4.2 Jednotkové strojní časy dělení materiálu HEA 160 mm plazmou.

DĚLENÍ PLAZMOU		
vzorek číslo	$t_{AS}$ [s]	$t_{AS}$ [min]
1	77,8	1,297
2	74,2	1,237
3	76,8	1,280
4	74,9	1,248
5	73,1	1,218
<b>průměrný čas <math>t_{pr}</math></b>	<b>75,4</b>	<b>1,256</b>

Tab. 4.3 Jednotkové strojní časy dělení materiálu HEA 160 mm pásovou pilou.

DĚLENÍ PÁSOVOU PILOU		
vzorek číslo	$t_{AS}$ [s]	$t_{AS}$ [min]
1	109,3	1,822
2	108,2	1,803
3	109,4	1,823
4	108,5	1,808
5	108,1	1,802
<b>průměrný čas <math>t_{pr}</math></b>	<b>108,7</b>	<b>1,812</b>

Tab. 4.4 Jednotkové strojní časy dělení materiálu HEA 160 mm ruční úhlovou bruskou.

DĚLENÍ RUČNÍ ÚHLOVOU BRUSKOU		
vzorek číslo	$t_{AS}$ [s]	$t_{AS}$ [min]
1	90,2	1,503
2	91,7	1,528
3	89,9	1,498
4	89,2	1,487
5	88,4	1,473
<b>průměrný čas <math>t_{pr}</math></b>	<b>89,9</b>	<b>1,498</b>

Rozsah hodnocení je 1 až 4. Hodnocení 1 znamená nejlepší hodnocení.

Tab. 4.5 Porovnání jednotkových strojních časů při dělení materiálu HEA 160 mm.

ČAS DĚLENÍ MATERIÁLU			
způsob dělení	$t_{pr}$ [s]	$t_{AS}$ [min]	hodnocení 1 až 4
kyslíkem	80,5	1,342	2
plazmou	75,4	1,256	1
pásovou pilou	108,7	1,812	4
ruční úhlovou bruskou	89,9	1,498	3

#### 4.2 Posouzení z hlediska dosahovaných povrchů

K měření kvality povrch byl použit přístroj: Mitutoyo SJ-201P (obr.4.1)

Při měření bylo postupováno:

- očíslování jednotlivých vzorků (obr.4.2),
- zapnutí přístroje,
- vlastní měření (obr.4.3; obr.4.4; obr 4.5; obr 4.6),
- zaznamenání naměřených hodnot,
- vyhodnocení (tab. 4.6).



Obr. 4.1 Drsnoměr: Mitutoyo SJ-201P.



Obr. 4.2 Očíslované vzorky a drsnoměr: Mitutoyo SJ-201P.



Obr. 4.3 Měření kvality povrchu řezu ruční úhlovou bruskou.



Obr. 4.4 Měření kvality povrchu řezu autogenem.



Obr. 4.5 Měření kvality povrchu řezu pásovou pilou.



Obr. 4.6 Měření kvality povrchu řezu plazmou.

Tab. 4.6 Porovnání kvality povrchu při dělení materiálu HEA 160 mm.

KVALITA POVRCHU		
způsob dělení	Ra	hodnocení 1 až 4
kyslíkem	9,39	4
plazmou	3,88	1
pásovou pilou	5,13	2
ruční úhlovou bruskou	6,65	3

### 4.3 Posouzení z hlediska energetické náročnosti

V tomto posouzení se hodnotí závislost použitých technologií dělení materiálu na dostupnosti energií (tab. 4.7).

Tab. 4.7 Porovnání energetické náročnosti při dělení materiálu HEA 160 mm.

ENERGETICKÁ NÁROČNOST			
způsob dělení	elektická energie		hodnocení 1 až 4
	240 V	400 V	
kyslíkem	-	-	1
plazmou	-	ANO	3
pásovou pilou	ANO	-	2
ruční úhlovou bruskou	ANO	-	2

### 4.4 Posouzení z hlediska vlivu na životní prostředí

Při tomto posouzení se hodnotí doprovázející nepříznivé jevy vznikající při vlastním dělení materiálu. Tyto jevy jsou jak zvukové, tak i vizuální (tab. 4.8).

Tab. 4.8 Porovnání vlivu na životní prostředí při dělení materiálu HEA 160 mm.

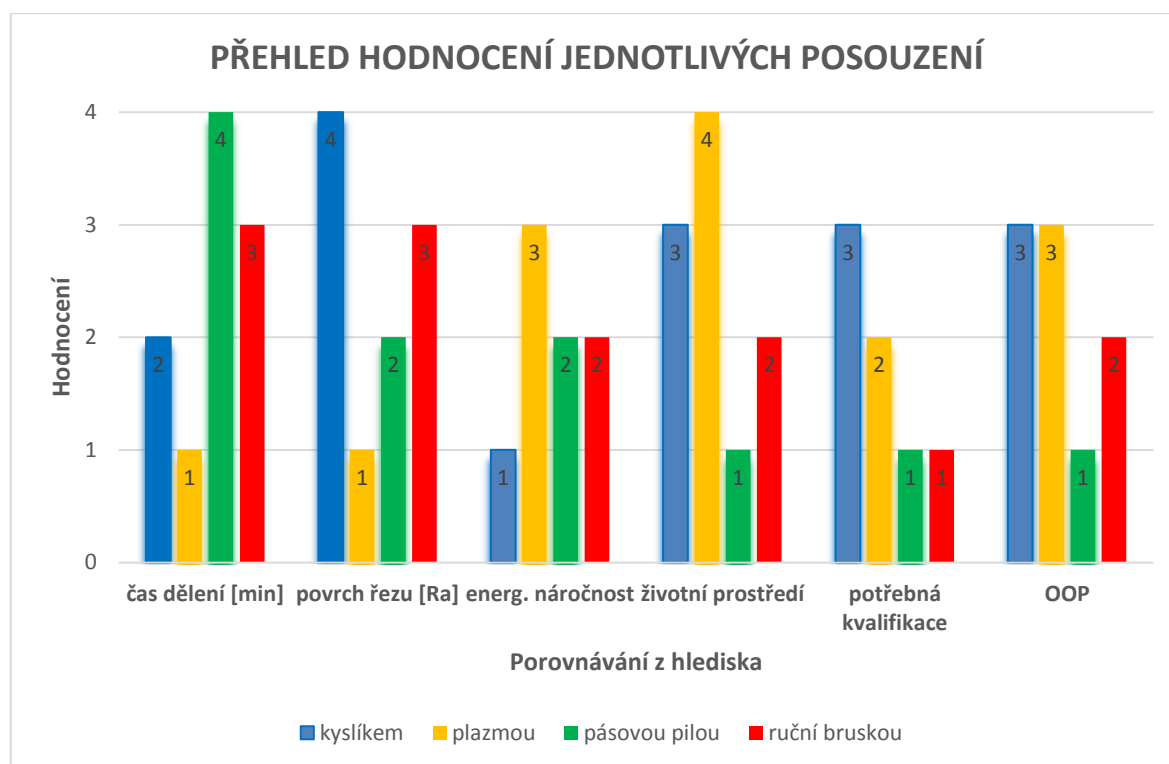
VLIV NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ				
způsob dělení	hluk	kouř	UV záření	hodnocení 1 až 4
kyslíkem	ANO	ANO	NE	3
plazmou	ANO	ANO	ANO	4
pásovou pilou	NE	NE	NE	1
ruční úhlovou bruskou	ANO	NE	NE	2

#### 4.5 ZÁVĚREČNÉ HODNOCENÍ

V závěrečném hodnocení jsou zohledněna veškerá prováděná posouzení. Součtem dosažených bodů je dáno pořadí jednotlivých technologií (tab. 4.9; obr. 4.7).

Tab. 4.9 Závěrečné hodnocení při dělení materiálu HEA 160 mm.

ZÁVĚREČNÉ HODNOCENÍ				
posouzení z hlediska	způsob dělení			
	kyslíkem	plazmou	pásovou pilou	ruční bruskou
čas dělení [min]	2	1	4	3
povrch řezu [Ra]	4	1	2	3
energ. náročnost	1	3	2	2
životní prostředí	3	4	1	2
potřebná kvalifikace	3	2	1	1
OOP	3	4	1	2
<b>součet hodnocení</b>	<b>16</b>	<b>15</b>	<b>11</b>	<b>13</b>



Obr. 4.7 Graf přehledu hodnocení.

## ZÁVĚR

Porovnáním jednotlivých posouzení bylo zjištěno, že nejlepší technologií k dělení materiálů na stavbách je dělení pásovou pilou. Tato technologie má minimální vliv na životní prostředí, není u ní požadovaná zvláštní kvalifikace obsluhy a nároky na používání OOP jsou také běžné. Povrch řezu je v dostatečné kvalitě. Nedostatkem této technologie je vyšší čas dělení materiálu. Pro práci s pásovou pilou je potřeba zajistit připojení ke zdroji elektrické energie o napětí 240 V. Jestliže není na stavbě elektřina zavedena, je možné použít mobilní elektrocentrálu.

Pásové pily jsou vzhledem k větším rozměrům náročnější na přepravu, ale při vhodném umístění pracoviště u skladového kontejneru (pro možnost uschování po ukončení pracovní doby) nám nabízejí nejlepší poměr porovnávaných hodnocení.

Na stavbách je vždy velice důležité, jakými technologiemi je daná montážní skupina vybavena, v jakých výškách a montážních pozicích se dělení musí provádět, velmi důležité jsou také zkušenosti daných pracovníků.



**SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ**

1. FERONA: *Ferona online* [online]. Praha 1, ©2017 [cit. 2019-02-13]. Dostupné z: <https://online.ferona.cz/>
2. EASY: Logistická firma Easy Logistics [online]. © 2010 - 2019 [cit. 2019-01-02]. Dostupné z: <https://www.easylogistics.eu/kamionova-preprava/>
3. AMBROŽ, O., KANDUS, B., KUBÍČEK, J. *Technologie svařování a zařízení*. Ostrava: Vydavatelství ZEROSS, 2001. 393 s. ISBN80-85 771-81-0
4. SCHINKMANN: *Schinkmann s.r.o., autogen, řezání plamenem, řezání autogenem, řezací hořáky* [online]. © 1991 - 2019 [cit. 2019-05-04]. Dostupné z: <https://www.schinkmann.cz/autogen>
5. BEZPEČNOST PRÁCE: *Magazín Bezpečnost Práce.info, z.s.* [online]. © 2013 - 2019 [cit. 2019-03-11]. Dostupné z: <https://www.bezpecnostprace.info/pracovni-urazy/bezpecnost-prace-s-autogenem-pri-svarovani-a-rezani-plamenem-rizika-a-zasady/>
6. BOZP info.cz: *Oborový portál pro BOZP* [online]. © 2002 - 2019 [cit. 2019-04-01]. Dostupné z: <https://www.bozpinfo.cz/jakou-musi-mit-kvalifikaci-pracovnik-pro-svarovani>
7. MORÁVEK, Rudolf. *Nekonvenční metody obrábění*. 2. vyd. Plzeň: Západočeská univerzita, 1999. ISBN 80-708-2518-9.
8. HUMÁR, A: *Technologie I, Technologie obrábění - 3. část* [online]. [cit. 2019-02-07]. Dostupné z: Interaktivní
9. ŘASA, Jaroslav a Vladimír GABRIEL. *Strojírenská technologie 3*. Praha: Scientia, 2000. ISBN 8071832073.
10. JERMOLAJEV, Štěpán. *Technologie dělení materiálu rozbrušováním*. Brno, 2011. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Vedoucí práce Doc. Ing. Jaroslav Prokop, CSc.
11. PEGAS: *PEGAS CONTAINER s.r.o., lodní a skladové kontejnery* [online]. © 2015 [cit. 2019-05-04]. Dostupné z: <https://www.pegascontainer.cz/cz/kategorie/lodni-a-skladove-kontejnery.aspx>
12. E-SAFETYSHOP: *e-SAFETYshop.eu, Traiva s.r.o. bezpečnostní tabulky* [online]. © 2007-2016 [cit. 2019-05-04]. Dostupné z: [https://www.e-safetyshop.eu/product.asp?P\\_ID=326](https://www.e-safetyshop.eu/product.asp?P_ID=326)
13. FERONA: *Ferona online* [online]. Praha 1, ©2017 [cit. 2019-04-29]. Dostupné z: <https://online.ferona.cz/detail/32880/profil-i-valcovany-za-tepla-din-1025-1-i-160>
14. FERONA: *Ferona online* [online]. Praha 1, ©2017 [cit. 2019-04-29]. Dostupné z: <https://online.ferona.cz/detail/27983/profil-ipe-valcovany-za-tepla-din-1025-5-ipe-160>
15. FERONA: *Ferona online* [online]. Praha 1, ©2017 [cit. 2019-04-29]. Dostupné z: <https://online.ferona.cz/detail/26080/profil-hea-valcovany-za-tepla-din-1025-3-hea-160>



16. FERONA: *Ferona online* [online]. Praha 1, ©2017 [cit. 2019-04-29]. Dostupné z: <https://online.ferona.cz/detail/29006/profil-heb-valcovany-za-tepla-din-1025-2-heb-160>
17. FERONA: *Ferona online* [online]. Praha 1, ©2017 [cit. 2019-04-29]. Dostupné z: <https://online.ferona.cz/detail/40594/profil-hem-valcovany-za-tepla-din-1025-4-hem-160>
18. FERONA: *Ferona online* [online]. Praha 1, ©2017 [cit. 2019-04-29]. Dostupné z: <https://online.ferona.cz/detail/28973/profil-u-valcovany-za-tepla-din-1026-1-u-160>
19. FERONA: *Ferona online* [online]. Praha 1, ©2017 [cit. 2019-04-29]. Dostupné z: <https://online.ferona.cz/detail/40534/profil-t-valcovany-za-tepla-en-10055-t-100>
20. FERONA: *Ferona online* [online]. Praha 1, ©2017 [cit. 2019-04-29]. Dostupné z: <https://online.ferona.cz/detail/44309/profil-rovnoramenny-l-z-konstrukcni-oceli-valcovane-za-tepla-en-10056-l-160x160x14>
21. FERONA: *Ferona online* [online]. Praha 1, ©2017 [cit. 2019-04-29]. Dostupné z: <https://online.ferona.cz/detail/30147/tyc-ocelova-kruhova-valcovana-za-tepla-en-10060-prumer-160>
22. FERONA: *Ferona online* [online]. Praha 1, ©2017 [cit. 2019-04-29]. Dostupné z: <https://online.ferona.cz/detail/38743/trubka-bezesva-konstrukcni-en-10210-prumer-168-3x6-3>
23. FERONA: *Ferona online* [online]. Praha 1, ©2017 [cit. 2019-04-29]. Dostupné z: <https://online.ferona.cz/detail/42455/profil-duty-svarovany-cerny-s-obdelnikovym-prurezem-en-10219-rozmer-160x90x6>

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

<b>Zkratka</b>	<b>Popis</b>
<b>BOZP</b>	Bezpečnost a ochrana zdraví při práci
<b>CNC</b>	Computer Numeric Control – číslicové řízení počítačem
<b>ČSN EN</b>	Česká státní norma, Evropská norma
<b>HEA</b>	Profil válcované tyče
<b>HEB</b>	Profil válcované tyče
<b>HEM</b>	Profil válcované tyče
<b>I</b>	Profil válcované tyče
<b>IPE</b>	Profil válcované tyče
<b>L</b>	Profil válcované tyče
<b>OOP</b>	Osobní ochranné prostředky
<b>T</b>	Profil válcované tyče
<b>U</b>	Profil válcované tyče
<b>UV záření</b>	Ultrafialové záření

<b>Symbol</b>	<b>Jednotka</b>	<b>Popis</b>
<b>R<sub>a</sub></b>	[μm]	střední aritmetická hodnota drsnosti
<b>t<sub>ASn</sub></b>	[min]	jednotkové strojní časy
<b>t<sub>pr</sub></b>	[min]	průměrný čas

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obr. 1.1	Kamionová doprava [2].
Obr. 2.1	Autogenní pojízdná souprava k řezání kyslíkem.
Obr. 2.2	Plazma a řezací hořák.
Obr. 2.3	Pásová pila.
Obr. 2.4	Ruční úhlová bruska.
Obr. 2.5	Seřízení plamene hořáku.
Obr. 2.6	Ohřev kovu.
Obr. 2.7	Řezání autogenem.
Obr. 2.8	Povrch řezu autogenem.
Obr. 2.9	Řezání plazmou.
Obr. 2.10	Povrch řezu plazmou.
Obr. 2.11	Povrch řezu pásovou pilou.
Obr. 2.12	Řezání ruční úhlovou bruskou.
Obr. 2.13	Povrch řezu úhlovou bruskou.
Obr. 3.1	Povrch na stavbě.
Obr. 3.2	Skladové kontejnery [11].
Obr. 3.3	Bezpečnostní tabulka [12].
Obr. 4.1	Drsnoměr: Mitutoyo SJ·201P.
Obr. 4.2	Očíslované vzorky a drsnoměr: Mitutoyo SJ·201P.
Obr. 4.3	Měření kvality povrchu řezu ruční úhlovou bruskou.
Obr. 4.4	Měření kvality povrchu řezu autogenem.
Obr. 4.5	Měření kvality povrchu řezu pásovou pilou.
Obr. 4.6	Měření kvality povrchu řezu plazmou.
Obr. 4.7	Graf přehledu hodnocení.

**SEZNAM TABULEK**

Tab. 4.1	Jednotkové strojní časy dělení materiálu HEA 160 mm kyslíkem.
Tab. 4.2	Jednotkové strojní časy dělení materiálu HEA 160 mm plazmou.
Tab. 4.3	Jednotkové strojní časy dělení materiálu HEA 160 mm pásovou pilou.
Tab. 4.4	Jednotkové strojní časy dělení materiálu HEA 160 mm ruční úhlovou bruskou.
Tab. 4.5	Porovnání jednotkových strojních časů při dělení materiálu HEA 160 mm.
Tab. 4.6	Porovnání kvality povrchu při dělení materiálu HEA 160 mm.
Tab. 4.7	Porovnání energetické náročnosti při dělení materiálu HEA 160 mm.
Tab. 4.8	Porovnání vlivu na životní prostředí při dělení materiálu HEA 160 mm.
Tab. 4.9	Závěrečné hodnocení při dělení materiálu HEA 160 mm.

**SEZNAM PŘÍLOH**

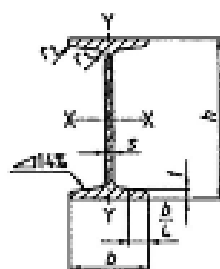
Příloha 1	profil I válcovaný za tepla
Příloha 2	profil IPE válcovaný za tepla
Příloha 3	profil HEA válcovaný za tepla
Příloha 4	profil HEB válcovaný za tepla
Příloha 5	profil HEM válcovaný za tepla
Příloha 6	profil U válcovaný za tepla
Příloha 7	profil T válcovaný za tepla
Příloha 8	profil L válcovaný za tepla
Příloha 9	tyč ocelová kruhová válcovaná za tepla
Příloha 10	trubka bezešvá konstrukční
Příloha 11	profil ocelový uzavřený

## PŘÍLOHA 1

Profil I válcovaný za tepla [13].

### Profil I válcovaný za tepla, DIN 1025-1

#### // I 160



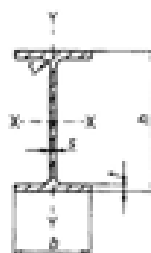
Norma:	DIN 1025-1	
Označení I		160
Šířka průřezu	b	74 mm
Výška průřezu	h	160 mm
Tloušťka příruby	t	9,5 mm
Tloušťka stojiny	a	6,3 mm
Plocha povrchu	U	0,575 m <sup>2</sup> /m
Hmotnost		17,9 kg/m
Plocha průřezu		22,8 cm <sup>2</sup>
Mazní odchylka b		±1,5 mm
Mazní odchylka t		+2 mm -1 mm
Mazní odchylka h		±2,0 mm
Mazní odchylka a		+0,5 mm -1 mm
Poloměr vnitřního zaoblení	r <sub>1</sub>	6,3 mm
Poloměr zaoblení příruby	r <sub>2</sub>	3,8 mm
Sklon		14 %
Rameno vnitřních sil	s <sub>0</sub>	13,7 cm
Průřezový modul k ose ohybu x	W <sub>x</sub>	117,0 cm <sup>3</sup>
Poloměr setrvačnosti k ose ohybu x	I <sub>x</sub>	6,40 cm
Poloměr setrvačnosti k ose ohybu y	I <sub>y</sub>	1,55 cm
Průřezový modul k ose ohybu y	W <sub>y</sub>	14,8 cm <sup>3</sup>
Moment setrvačnosti k ose ohybu x	I <sub>x</sub>	935 cm <sup>4</sup>
Moment setrvačnosti k ose ohybu y	I <sub>y</sub>	54,7 cm <sup>4</sup>
Statický moment poloviny průřezu	S <sub>x</sub>	68,0 cm <sup>3</sup>

## PŘÍLOHA 2

Profil IPE válcovaný za tepla [14].

Profil IPE válcovaný za tepla, DIN 1025-5

// **IPE 160**



Norma:

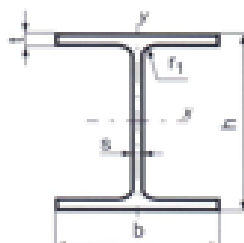
DIN 1025-5

Označení IPE		160
Šířka příruby	b	82 mm
Výška průřezu	h	160 mm
Tloušťka příruby	t	7,4 mm
Tloušťka stěpny	a	5,0 mm
Plocha průřezu	F	20,1 cm <sup>2</sup>
Hmotnost	G	15,8 kg/m
Plocha povrchu	U	0,623 m <sup>2</sup> /m
Mazní odchylka s		±0,7 mm
Mazní odchylka b		+4 mm -1 mm
Mazní odchylka t		+2 mm -1 mm
Mazní odchylka h		+3 mm -2 mm
Rameno vnitřních sil	s <sub>0</sub>	14,0 cm
Statický moment poloviny průřezu	S <sub>0</sub>	61,9 cm <sup>3</sup>
Poloměr vnitřního zaoblení	r	9 mm
Průřezový modul k ose ohybu x	W <sub>x</sub>	109 cm <sup>3</sup>
Poloměr setrvačnosti k ose ohybu x	I <sub>x</sub>	6,58 cm
Poloměr setrvačnosti k ose ohybu y	I <sub>y</sub>	1,84 cm
Průřezový modul k ose ohybu y	W <sub>y</sub>	16,7 cm <sup>3</sup>
Moment setrvačnosti k ose ohybu x	I <sub>x</sub>	869 cm <sup>4</sup>
Moment setrvačnosti k ose ohybu y	I <sub>y</sub>	68,3 cm <sup>4</sup>

## PŘÍLOHA 3

Profil HEA válcovaný za tepla [15].

### Profil HEA válcovaný za tepla, DIN 1025-3 // HEA 160



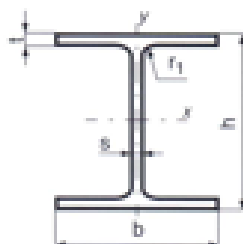
Norma:		DIN 1025-3
Označení HEA		160
Šířka příruby	b	160 mm
Výška průřezu	h	152 mm
Tloušťka příruby	t	9,0 mm
Tloušťka stěpiny	s	6,0 mm
Plocha průřezu	F	38,8 cm <sup>2</sup>
Hmotnost	G	30,4 kg/m
Plocha povrchu	U	0,906 m <sup>2</sup> /m
Mezní odchylka b		+4 mm -2 mm
Mezní odchylka t		+2 mm -1 mm
Mezní odchylka h		+3 mm -2 mm
Mezní odchylka s		±0,7 mm
Rameno vnitřních slů	s <sub>0</sub>	13,6 cm
Průřezový modul k ose chybu x	W <sub>x</sub>	220 cm <sup>3</sup>
Poloměr setrvačnosti k ose chybu x	I <sub>x</sub>	6,57 cm
Poloměr setrvačnosti k ose chybu y	I <sub>y</sub>	3,98 cm
Průřezový modul k ose chybu y	W <sub>y</sub>	76,9 cm <sup>3</sup>
Statický moment poloviny průřezu	S <sub>0</sub>	123 cm <sup>3</sup>
Poloměr vnitřního zaoblení	r <sub>1</sub>	15 mm
Moment setrvačnosti k ose chybu x	I <sub>x</sub>	1670 cm <sup>4</sup>
Moment setrvačnosti k ose chybu y	I <sub>y</sub>	616 cm <sup>4</sup>



## PŘÍLOHA 4

Profil HEB válcovaný za tepla [16].

Profil HEB válcovaný za tepla, DIN 1025-2  
// **HEB 160**

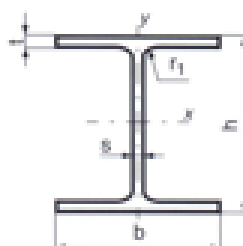


Norma:	DIN 1025-2	
Označení HEB		160
Šířka příruby	b	160 mm
Výška průřezu	h	160 mm
Tloušťka příruby	t	13,0 mm
Tloušťka stěpiny	a	8,0 mm
Plocha průřezu	F	54,3 cm <sup>2</sup>
Hmotnost	G	42,6 kg/m
Plocha povrchu	U	0,918 m <sup>2</sup> /m
Mazní odchylka b		+4 mm -2 mm
Mazní odchylka t		+2,5 mm -1,5 mm
Mazní odchylka h		+3 mm -2 mm
Mazní odchylka a		±1,0 mm
Statický moment poloviny průřezu	S <sub>x</sub>	177 cm <sup>3</sup>
Poloměr vnitřního zaoblení	r <sub>1</sub>	15 mm
Moment setrvačnosti k ose chybu x	I <sub>x</sub>	2490 cm <sup>4</sup>
Moment setrvačnosti k ose chybu y	I <sub>y</sub>	889 cm <sup>4</sup>
Rameno vnitřních sil	s <sub>x</sub>	14,1 cm
Průřezový modul k ose chybu x	W <sub>x</sub>	311 cm <sup>3</sup>
Poloměr setrvačnosti k ose chybu x	i <sub>x</sub>	6,78 cm
Poloměr setrvačnosti k ose chybu y	i <sub>y</sub>	4,05 cm
Průřezový modul k ose chybu y	W <sub>y</sub>	111 cm <sup>3</sup>

## PŘÍLOHA 5

Profil HEM válcovaný za tepla [17].

### Profil HEM válcovaný za tepla, DIN 1025-4 // **HEM 160**



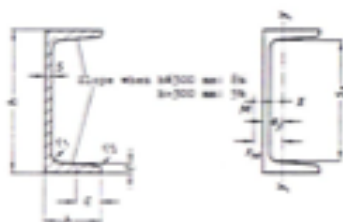
Norma:	DIN 1025-4	
Označení HEM		160
Tloušťka stěpiny	a	14,0 mm
Šířka příruby	b	166 mm
Výška průřezu	h	180 mm
Tloušťka příruby	t	23 mm
Plocha průřezu	F	97,1 cm <sup>2</sup>
Hmotnost	G	76,2 kg/m
Plocha povrchu	U	0,97 m <sup>2</sup> /m
Mazní odchylka b		+4 mm -2 mm
Mazní odchylka t		+2,5 mm -2 mm
Mazní odchylka h		+3 mm -2 mm
Mazní odchylka a		±1,5 mm
Statický moment poloviny průřezu	S <sub>x</sub>	337 cm <sup>4</sup>
Poloměr vnitřního zaoblení	r <sub>1</sub>	15 mm
Moment setrvačnosti k ose chýbu x	I <sub>x</sub>	5100 cm <sup>4</sup>
Moment setrvačnosti k ose chýbu y	I <sub>y</sub>	1760 cm <sup>4</sup>
Rameno vnitřních sl	s <sub>x</sub>	15,1 cm
Průřezový modul k ose chýbu x	W <sub>x</sub>	566 cm <sup>3</sup>
Poloměr setrvačnosti k ose chýbu x	I <sub>x</sub>	7,25 cm
Poloměr setrvačnosti k ose chýbu y	I <sub>y</sub>	4,26 cm
Průřezový modul k ose chýbu y	W <sub>y</sub>	212 cm <sup>3</sup>

## PŘÍLOHA 6

Profil U válcovaný za tepla [18].

Profil U válcovaný za tepla, DIN 1026-1

// U 160

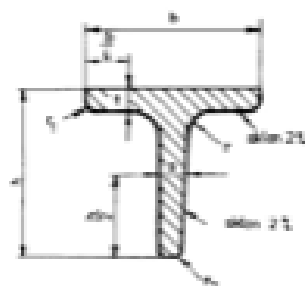


Norma:	DIN 1026-1	
Označení U		160
Šířka průřezu	b	65 mm
Výška průřezu	h	160 mm
Tloušťka stojiny	s	7,5 mm
Tloušťka příruby	t	10,5 mm
Plocha průřezu	F	24,0 cm <sup>2</sup>
Plocha povrchu	U	0,546 m <sup>2</sup> /m
Hmotnost		18,80 kg/m
Mezní odchylka s		±0,5 mm
Mezní odchylka b		±2,0 mm
Mezní odchylka h		±2,0 mm
Mezní odchylka t		-1,0 mm
Moment setrvačnosti k ose ohybu x	I <sub>x</sub>	925 cm <sup>4</sup>
Moment setrvačnosti k ose ohybu y	I <sub>y</sub>	85,3 cm <sup>4</sup>
Vzdálenost středu M od osy y-y	x <sub>st</sub>	3,56 cm
Poloměr vnitřního zaoblení	r <sub>1</sub>	10,5 mm
Poloměr zaoblení příruby	r <sub>2</sub>	5,5 mm
Sklon		8 %
Rameno vnitřních sil	S <sub>x</sub>	13,3 cm
Průřezový modul k ose ohybu x	W <sub>x</sub>	116 cm <sup>3</sup>
Poloměr setrvačnosti k ose ohybu x	I <sub>x</sub>	6,21 cm
Poloměr setrvačnosti k ose ohybu y	I <sub>y</sub>	1,89 cm
Průřezový modul k ose ohybu y	W <sub>y</sub>	18,3 cm <sup>3</sup>
Statický moment poloviny průřezu	S <sub>x</sub>	68,8 cm <sup>3</sup>
Vzdálenost osy y-y od vnější hrany stojiny	e	1,84 cm

Profil T válcovaný za tepla [19].

## Profil T válcovaný za tepla, EN 10055

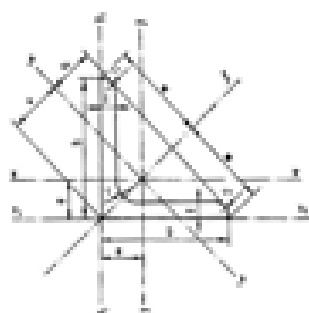
### // T 100



Norma:	ČSN EN 10055	
Označení T		100
Šířka příruby	b	100 mm
Výška stojiny	h	100 mm
Poloměr vnitřního zaoblení příruby	r	11 mm
Tloušťka příruby nebo stojiny	a	11 mm
Hmotnost		16,40 kg/m
Příčný průřez		20,9 cm <sup>2</sup>
Mazní odchylka b		±1,5 mm
Mazní odchylka t		±0,75 mm
Mazní odchylka h		±1,5 mm
Mazní odchylka a		±0,75 mm
Poloměr setrvačnosti k ose ohybu x	$I_x$	2,92 cm
Poloměr setrvačnosti k ose ohybu y	$I_y$	2,05 cm
Poloměr zaoblení stojiny	$r_s$	3 mm
Moment setrvačnosti k ose ohybu x	$I_{xx}$	179,0 cm <sup>4</sup>
Moment setrvačnosti k ose ohybu y	$I_{yy}$	88,3 cm <sup>4</sup>
Poloměr zaoblení příruby	$r_1$	5,5 mm
Průřezový modul k ose ohybu x	$W_{xx}$	24,6 cm <sup>3</sup>
Průřezový modul k ose ohybu y	$W_{yy}$	17,70 cm <sup>3</sup>
Poloha 1021005		2,74 cm

Profil L válcovaný za tepla [20].

Profil rovnoramenný L z konstrukční oceli válcované za tepla,  
**// L 160x160x14**

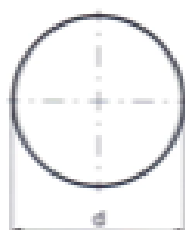


Norma:	ČSN 42 5541	
Obdobná norma:	DIN 1028	
Šířka ramen	b	160 mm
Tloušťka ramen	t	14 mm
Plocha průřezu		4315 mm <sup>2</sup>
Hmotnost		33,87 kg/m
Přímost tyče	q	rovnaná
Mazní odchylka b		±3,0 mm
Mazní odchylka t		±1,25 mm
Poloměr vnitřního zaoblení	r	17 mm
Poloměr zaoblení ramene	r <sub>1</sub>	8,5 mm
Vzdálenost těžiště od vnější hrany ramene	e	44,4 mm
Moment setrvačnosti k ose ohybu x	J <sub>x</sub>	1035,81 cm <sup>4</sup>
Průřezový modul k ose ohybu x	W <sub>x</sub>	89,63 cm <sup>3</sup>
Poloměr setrvačnosti k ose ohybu x	I <sub>x</sub>	4,89 cm
Vzdálenost od centrální osy	v <sub>1</sub>	5,67 cm
Vzdálenost krajních bodů ramen od centrální osy	w	11,31 cm
Vzdálenost od centrální osy	v	6,28 cm

## PŘÍLOHA 9

Tyč ocelová kruhová válcovaný za tepla [21].

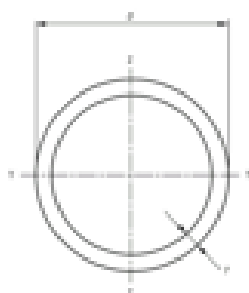
Tyč ocelová kruhová válcovaná za tepla, EN 10060  
// průměr 160



Norma:	ČSN EN 10060	
Jmenovitý průměr	d	160 mm
Plocha průřezu		201 cm <sup>2</sup>
Mezní odchylka při normální přesnosti		±2,0 mm
Přímost tyče	g	$g \leq 0,25 \% \cdot L$
Ovalita		nesmí překročit 75 % tolerančního pole

Trubka bezešvá konstrukční [22].

Trubka bezešvá konstrukční, EN 10210,  
// průměr 168,3x6,3

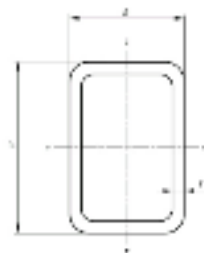


Norma:	ČSN EN 10210-2	
Vnější průměr	D	168,3 mm
Jmenovitá odchylka tloušťky		-10 %
Tloušťka stěny	T	6,3 mm
Vnitřní průměr	d	155,7 mm
Hmotnost	M	25,17 kg/m
Jmenovitá délka na 1 t		39,7 m
Plocha povrchu na 1 m délky	A <sub>s</sub>	0,529 m <sup>2</sup> /m
Plocha příčného průřezu	A	32,06 cm <sup>2</sup>
Jmenovitá odchylka průměru		±1 %, min. ±0,5 mm a max. ± 10 mm
Kvadratický moment průřezu	I	1053,42 cm <sup>4</sup>
Plastický modul průřezu	W <sub>p</sub>	165,42 cm <sup>3</sup>
Polární modul průřezu	C <sub>p</sub>	250,37 cm <sup>3</sup>
Polární moment průřezu	I <sub>p</sub>	2106,84 cm <sup>4</sup>
Poloměr kvadratického momentu průřezu	I	5,73 cm
Pružný modul průřezu	W <sub>e</sub>	125,18 cm <sup>3</sup>
Přímost		0,2% po celé délce
Ovalita		2% pro trubky a poměrem D k T nejvýše 100

## PŘÍLOHA 11

Profil ocelový uzavřený [23].

Profil dutý svařovaný černý s obdélníkovým průřezem, EN 10219  
// **rozměr 160x90x6**



Norma:

ČSN EN 10219-2

Výška profilu	H	160 mm
Šířka profilu	B	90 mm
Tloušťka profilu	T	6,0 mm
Hmotnost	M	21,04 kg/m
Plocha průřezu	A	27,63 cm <sup>2</sup>
Kvadratický moment průřezu	$I_{yy}$	907,19 cm <sup>4</sup>
Kvadratický moment průřezu	$I_{xx}$	368,91 cm <sup>4</sup>
Poloměr kvadratického momentu průřezu	$I_{yy}$	5,73 cm
Poloměr kvadratického momentu průřezu	$I_{xx}$	3,65 cm
Pružný modul průřezu	$W_{el,yy}$	113,40 cm <sup>3</sup>
Pružný modul průřezu	$W_{el,xx}$	81,98 cm <sup>3</sup>
Plastický modul průřezu	$W_{pl,yy}$	141,56 cm <sup>3</sup>
Plastický modul průřezu	$W_{pl,xx}$	94,82 cm <sup>3</sup>
Polární moment průřezu	$I_p$	866,01 cm <sup>4</sup>
Polární modul průřezu	$C_p$	139,96 cm <sup>3</sup>
Plocha povrchu na 1 m délky	$A_s$	0,479 m <sup>2</sup> /m
Jmenovitá délka na 1 t		46,10 m
Mezní úchytky H		±0,8 % mm
Mezní úchytky B		±1 %, nejméně ±0,5 mm
Mezní úchytky T		±10 %
Vydatost strany	$x_1$	najvýše 0,8 %, nejméně 0,5 mm
Vypuklost strany	$x_2$	najvýše 0,8 %, nejméně 0,5 mm
Kolmost stran		90° ±1°
Tvar vnějšího zaoblení	$C_1, C_2$	1,6T až 2,4T
Zkroucení	V	2 mm plus 0,5 mm/m délky
Mezní úchytky přímosti na 1 m délky		max. 3 mm/m